

# UUSIUTUVIEN ENERGIOIDEN KÄYTTÖ PIENTALOISSA

Mäki-Maunus Juho

Opinnäytetyö  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

2020

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

<b>Tekijä</b>	Juho Mäki-Maunus	<b>Vuosi</b>	2020
<b>Ohjaaja(t)</b>	Petri Kuisma		
<b>Toimeksiantaja</b>	Vähähiilisuuden edistäminen	Itä-Lapissa – VähäC	
hanke			
<b>Työn nimi</b>	Uusiutuvien energioiden käyttö pientaloissa		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	33 + 1		

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä uusiutuvien energiamuotojen käyttöön pientaloissa ja erityisesti haluttiin saada laajempi käsitys uusiutuvista energioista ja niiden sovelluksista. Lisäksi tutkin työssä, millaisia lupia näiden ratkaisujen käyttöön ja hyödyntämiseen liittyy.

Työn aihe on hyvin ajankohtainen nykypäivän asutuksille ja omalle työuralle, koska uusiutuvat energiamuodot ovat kovaa vauhtia yleistymässä rakennusalalla. Aineistona työssä käytettiin ennakkotietoa opintojen ajalta, alan kirjoja ja internetiä.

Käytin työssä perheen omistamaa mökkirakennusta esimerkkinä hyvien ja huonojen puolien vertailuun eri ratkaisuiden välillä. Lisäksi vertailin eri ratkaisuiden kustannuksia ja totesin, että uusiutuvat energiat ovat taloudellisempia vaihtoehtoja verrattuna ei-uusiutuviin ratkaisuihin.

Avainsanat	Uusiutuva energia, pientalo, lähienergia, energiatehokas
Muita tietoja	Esimerkkirakennuksen piirustukset

Degree Programme in Civil Engineering  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Juho Mäki-Maunus	Year	2020
<b>Supervisor</b>	Petri Kuisma		
<b>Commissioned by</b>	Plan to Minimize Carbon Footprint in Eastern Lapland		
<b>Subject of thesis</b>	Usage of Renewable Energy in Small Houses		
<b>Number of pages</b>	33 + 1		

---

The goal of this thesis was to improve knowledge regarding renewable energy solutions in small residential housing, with a focus on how to utilize them and have them work together. Plan was also to look at cost efficiency of each solution.

The topic of the thesis is highly relevant to modern day housing and for the field moving forward as renewable energy is becoming more and more popular in the construction business. To create it several resources such as books and websites were used, with the addition of all the source material known before. Additionally, research had to be conducted into the kind of permissions required when using these types of energy solutions.

Summer cottage was used as an example test case, in which comparison was broken down of positive and negative points between the energy solutions. Furthermore, cost accounting was done of each energy solution and it showed that energy supplied by renewable resources were much more cost efficient compared to non-renewable sources.

Key words	Renewable energy, small house, energy efficient
Special remarks	Includes drawings of building used as an example

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 LÄHIENERGIAN VAIHTOEHDOT .....	6
2.1 Yleistä .....	6
2.2 Aurinkoenergia.....	8
2.3 Bioenergia.....	10
2.4 Maa-, ilma- ja vesilämpöpumppu .....	12
2.5 Tuulivoima .....	14
2.6 Pienvesivoima.....	15
2.7 Hybridit.....	16
2.8 Energiatehokas talo .....	16
3 UUSIUTUMATTOMAT ENERGIAT .....	19
3.1 Fossiiliset polttoaineet.....	19
3.2 Turve.....	21
3.3 Ydinenergia.....	21
4 LASKUESIMERKKEJÄ.....	23
4.1 Taustatietoa kohteesta.....	23
4.2 Aurinkosähkö .....	24
4.3 Pellettipoltin .....	24
4.4 Ilmalämpöpumppu .....	25
4.5 Tuulivoima .....	25
5 TULOKSET JA POHDINTA .....	27
LÄHTEET.....	30
LIITTEET .....	33

## 1 JOHDANTO

Työksi valikoitui oman mielenkiinnon pohjalta uusiutuvien energioiden käyttö pientaloissa. Olen ollut kiinnostunut energiankäyttöä koskevista asioista jo kauan aikaa ja koin tämän olevan hyvä hetki perehtyä näihin asioihin vähän syvemmin. Uusiutuvat energiat minua kiinnostavat erityisesti sen vuoksi, että fossiiliset polttoaineet, kuten öljy ovat loppumassa ja tarvitsemme uudenlaisia vaihtoehtoja energiansaantiin.

Tavoitteena työssä on perehtyä vaihtoehtoisten energiamuotojen hyödyntämiseen asuintaloissa, koska niiden käyttöönotto on ollut suuressa kasvussa lähi-vuosina. Asioita käydään läpi liittyen uusiutuviin energioihin ja työssä sivutaan myös uusiutumattomia energioita, koska ne ovat vielä suuressa roolissa energiantuotantoon liittyen Suomessa ja myös muualla maailmassa.

Jokainen energiamuoto käsitellään erikseen ja selitetään, miten se toimii ja mitä rajoituksia sen käyttämiseen kuuluu. Myös hyötyjä ja haittoja vertaillaan. Lopussa on kustannuslaskentaa eri vaihtoehdoille, joissa esimerkkinä käytetään omaa mökkirakennusta ja katsotaan, mikä vaihtoehtoista olisi sille paras hinnan ja sijainnin kannalta.

## 2 LÄHIENERGIAN VAIHTOEHDOT

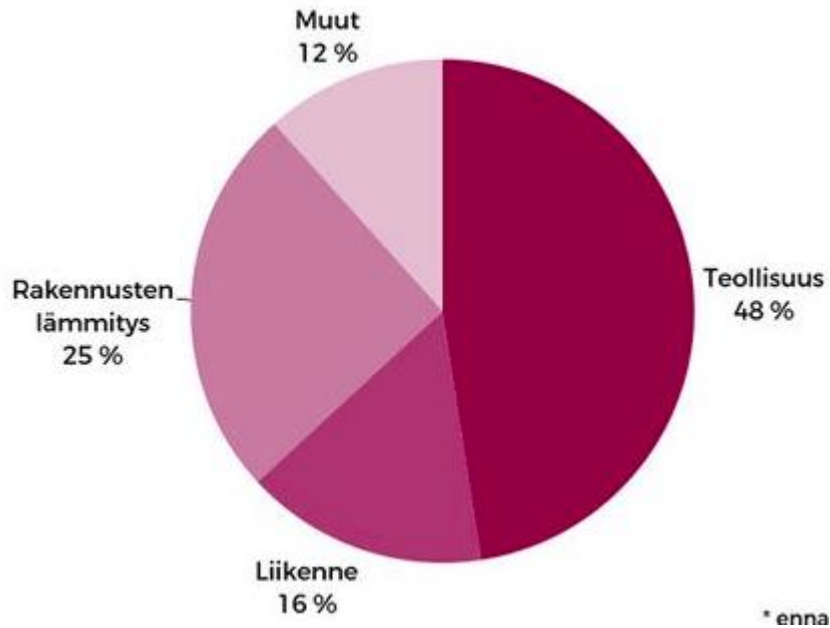
### 2.1 Yleistä

Lähienergiamuotoja voidaan kutsua myös nimellä uusiutuvat energiat. Toisin kuin fossiiliset polttoaineet, turve ja ydinenergia, nämä energiamuodot uusiutuvat luonnossa ihmisen eliniän aikana. Luonnonvaraisina energiamuotoina niiden käyttö tai polttaminen ei myöskään rasita luontoa kasvihuonekaasujen muodossa, koska ne ovat luonnosta peräisin.

Suomessa varteenotettavia uusiutuvia energiamuotoja ovat aurinkoenergia, bioenergia, maa-, ilma- ja vesilämpö, tuulivoima, vesivoima ja erilaiset hybridiratkaisut, joissa on yhdistelty eri vaihtoehtoja keskenään (Lähienergia 2020). Turve luokitellaan tällä hetkellä uusiutuvien ja uusiutumattomien energiamuotojen väli- maastoon ja kerron siitä tarkemmin myöhemmässä vaiheessa. Tässä työssä luokittelen sen uusiutumattomien energioiden alle.

Lähienergiaa tuottaessa on huomioitava sen suunnittelu-, toteutus- ja ylläpito. Esimerkiksi uuteen kohteeseen energiamuotoa suunniteltaessa on otettava huomioon paikalliset olosuhteet ja viranomaiskäytännöt sekä, kuinka paljon lähienergiaa ja kaukoenergiaa on järkevä käyttää rinnakkain. (RIL 265-2014, 31.) Vuonna 2018 Suomen koko energiantuotannosta neljäsosa kului rakennusten lämmitykseen (Kuvio 1).

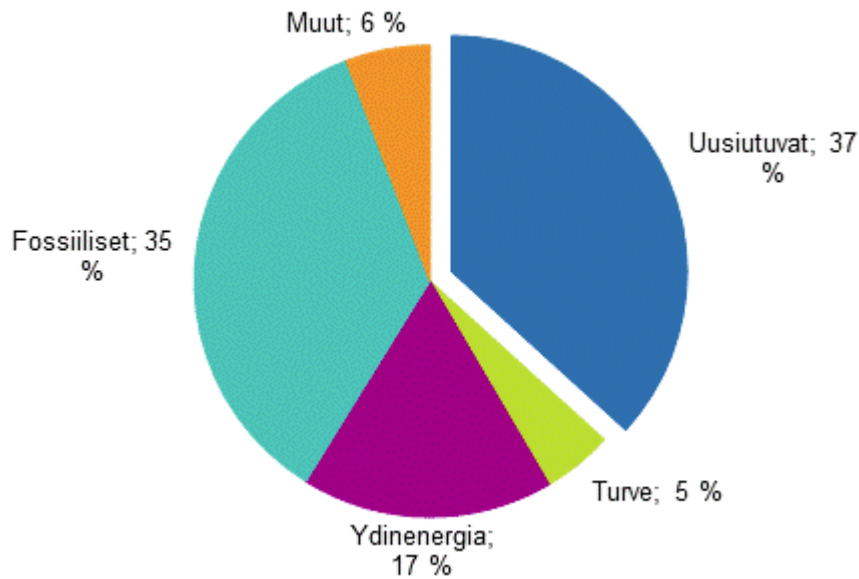
Nykyisiä lämmitysmuotoja taloissa, kuten suorasähköä ja kaukolämpöä, voidaan myös tuottaa uusiutuvien energiamuotojen avulla. Kaukolämpöä tuotetaan sähköä ja lämpöä tuottavissa voimalaitoksissa. Kaukolämpöverkosto on putkisto, jonka kautta lämpö saadaan asiakkaalle veden avulla. Yleisimmät polttoaineet kaukolämmölle ovat maakaasu, kivihiili, turve, öljy sekä lisääntymässä puu ja muut uusiutuvat energialähteet, kuten biokaasu. (Energiamailma 2018.)



Kuvio 1. Energian loppukäytön jakautuminen vuonna 2018 (Motiva 2019)

Sähköenergiaa tuotetaan voimalaitoksissa. Voimalaitokset ovat suuria yksiköitä, jotka tuottavat monelle sadalle asunnolle niiden tarvitsevan sähkön. Suomessa noin kolmannes tuotetusta sähköstä saadaan ydinvoimalla, noin viidennes vesi-voimalla ja noin yksi prosentti tuulivoimalla. Noin puolet sähkön tuotannosta on siis hiilidioksidipäästövapaata. Hiilidioksidipäästöjä syntyy fossiilisista polttoaineista, joiden osuus on noin 30 prosenttia ja biomassasta, jonka osuus on noin 15 prosenttia. (STEK 2020.)

Suomessa vuonna 2018 uusiutuvilla energialähteillä katettiin noin 37 prosenttia (Kuvio 2) energian kokonaiskulutuksesta ja loppukäytöstä yli 40 prosenttia. Vuoden 2019 aikana nousua edellisvuoteen tuli 2 prosenttia uusiutuvien energiamuotojen käytössä. Suomessa uusiutuvien energioiden osuus loppukulutuksesta on ollut toiseksi suurinta EU-maiden joukossa. (Findikaattori 2019.)



Kuvio 2. Energiankäytön osuudet vuonna 2018 (Tilastokeskus 2019)

## 2.2 Aurinkoenergia

Aurinkoenergia voidaan jakaa aurinkolämpöön ja aurinkosähköön. Aurinkolämpöjärjestelmä muuttaa auringon säteilyn lämmöksi. Lämpö siirtyy putkistossa varaajaan, jossa se luovuttaa lämmön veteen. Varaajassa on lämpövastus, joka varmistaa lämpimän veden saannin pilvisinä päivinä. Aurinkosähkö toimii kennojen avulla, joissa auringon säteily synnyttää sähköjännitteen. Aurinkokenno on elektroninen puolijohde, ja auringonsäteily synnyttää kennon ylä- ja alapinnan välille jännitteen. Tuotettu virranmäärä riippuu säteilyn voimakkuudesta. (RIL 265-2014, 38, 42.)

Aurinkolämpökeräimillä voidaan esimerkiksi lämmittää tiloja rakennuksen sisällä tai tuottaa lämmintä käyttövettä. Järjestelmän toimivuus riippuu toki siitä, kuinka suuri lämmöntarve järjestelmään kohdistuu. Energian tarvetta kuvataan lämmöntarpeella ja osa käyttövedestä lämmitetään sillä ja loput jollain toisella järjestelmällä. Tällä järjestelmällä voidaan esimerkiksi käyttöveden lämmittämisen lisäksi hoitaa vesikiertoinen lattialämmitys. (RIL 265-2014, 39.)

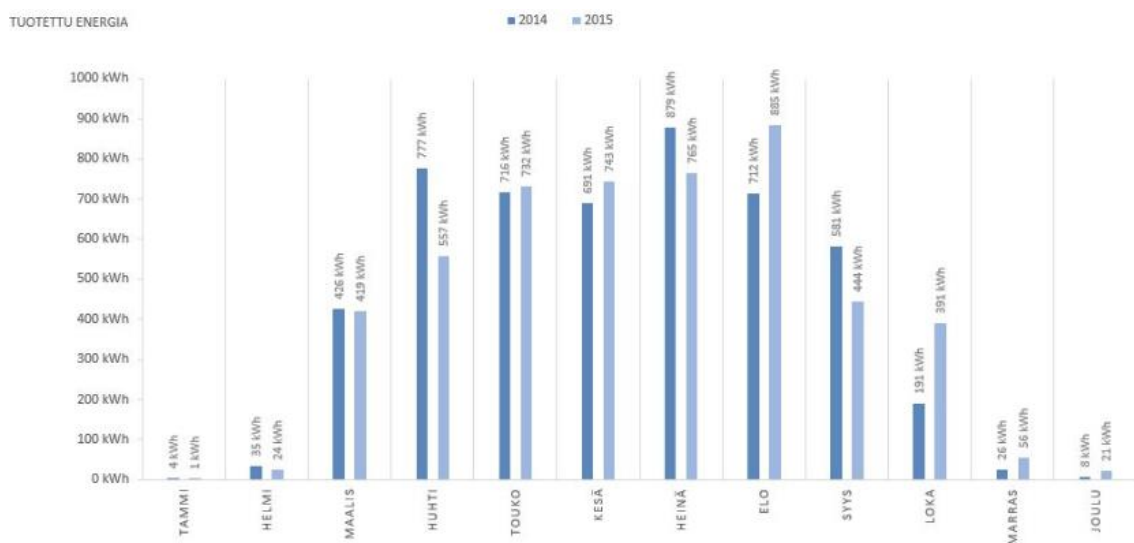
Keräimien käyttö auttaa saavuttamaan nollaenergiatason rakennuksessa. Tutkimusten mukaan pientalot voivat integroidulla aurinkolämmöllä ja sähköntuotan-



nolla saavuttaa nollaenergiatason. Suuremmissa rakennuksissa se on haastavampaa asennuspintojen ja katveiden takia. Haittana aurinkolämmössä on talvisin niukka auringonsäteilyn saanti, mutta ne toimivat tuolloin vain lisälämmönlähteenä. Lisäksi asennettaessa keräimiä on tärkeä huomioida niiden suuntaus, jotta säteilyn saanti voidaan maksimoida. (RIL 265-2014, 41.)

Aurinkopaneelit on helppo asentaa kevyen rakenteen ansioista ja niitä voidaan käyttää monissa sähköä tarvitsevilla kohteilla. Eri käyttötarkoituksiin on myös eri suuruisia kokonaisuuksia. Ne tuottavat ilmaista sähköä laitteiston asennuksen jälkeen. Ne on myös helppo huoltaa ja ne ovat pitkäikäisiä. Aurinkoenergia ei ole omavarainen Suomessa, koska talvet ovat pitkiä ja kylmiä (Kuvio 3). Se on kuitenkin loistava ratkaisu kesällä ja talveksi täydentämään jotain toista ratkaisua. (RIL 265-2014, 43, 44.)

Aurinkosähköjärjestelmän lupa-asiat riippuvat kunnan tai kaupungin kannasta. Luvanmyöntäjä määrää kuinka isoon aurinkojärjestelmään toimenpidelupa tarvitaan. Lisäksi järjestelmän kytkemiseen tarvitaan jakeluverkonhaltijan lupa. Kannattaa varmistaa luvan saanti ennen kuin järjestelmää edes hankitaan. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan järjestelmälle vaaditaan toimenpide- tai rakennuslupa. (RIL 265-2014, 80.)

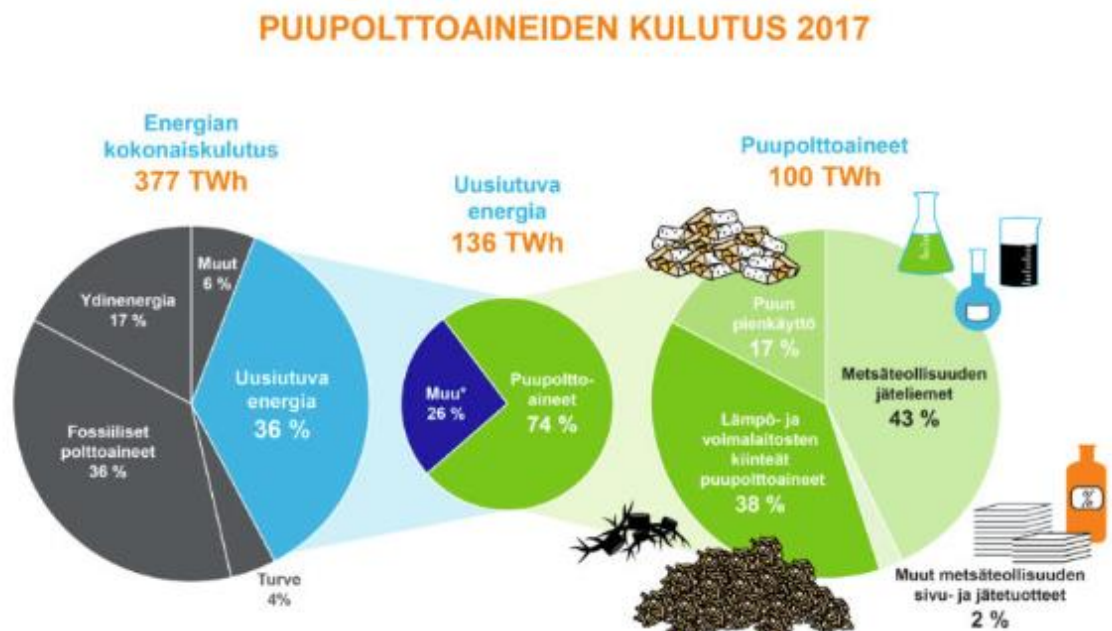


Kuvio 3. Tuotanto kuukausittain (kWh) 2014 ja 2015 (Rexel)

### 2.3 Bioenergia

Bioenergian osuus Suomessa on yli 80 prosenttia uusiutuvien energioiden lähteistä. Sen osuus koko maan energiankulutuksesta on 30 prosenttia. Sitä saadaan biopolttoaineista, joita löytyy metsistä, soilta ja pelloilta. Biopolttoaineita saadaan myös orgaanisista jätteistä. Bioenergian muodostavat puuenergia, biopolttoaineet ja pelletit. (Bioenergia 2020.) Myös turve on biopolttoaine mutta käsittelem sen uusiutumattomana, kuten aiemmin jo totesin.

Puuenergia kattaa suurimman osan Suomessa käytetyistä uusiutuvista energialähteistä (Kuvio 4). Puuenergiaa hyödynnetään metsäteollisuuden kanssa, koska suurin osa energiaan käytöstä menevästä puusta on metsäteollisuuden jätetuuta. Tämän ohella käytetään myös energiapuuta, jota saadaan suoraan metsästä. Teollisuuden sivutuotteista saatu energiamäärä arvioidaan jatkossa pysyvän ennallaan ja kasvu puuenergian käytössä muodostuu hakkeen polttamisessa voimalaitoksissa. (Motiva 2020.)



Kuvio 4. Puupolttoaineiden osuus kokonaiskulutuksesta vuonna 2017 (Luonnonvarakeskus 2016)

Suomeen on tulossa myös uusia lämpö- ja voimalaitoksia, mikä lisää puuenergian käyttöä. Nämä laitokset on suunniteltu polttamaan esimerkiksi metsähaketta. Monet isot kaupungit ovat päättäneet investoida näihin laitoksiin ja myös huomattava osa puuenergian kokonaiskäytöstä on peräisin puun pienpoltosta, kuten takan lämmitys. Haketta käyttäviä voimalaitoksia on Suomessa käytössä tällä hetkellä noin 800 yksikköä. (Motiva 2020.)

Biopolttoaineet on tarkoitettu liikenteeseen ja biopolttonesteet ovat muuhun tarkoitukseen, kuten rakennuksen lämmitykseen. Biodieseliä voidaan valmistaa esimerkiksi ruokapohjaisista aineista, kuten selluteollisuuden jätteistä. Biodiesel tarkoittaa esteröityä rypsi- tai muuta öljyä. Nimitystä käytetään yleisesti kaikista biopohjaisista tuotteista, vaikka se on väärin. Suomessa biodieseliä ei myydä liikennekäyttöön todennäköisesti huonon pakkaskestävyyden ansiosta, mutta muualla Euroopassa se on tärkein tuote bioetanolin jälkeen. Muita polttoaineita ovat uusiutuva diesel, bioetanoli ja bioöljy. (Bioenergia 2020.)

Pyrolyysiöljy on tarkoitettu esimerkiksi talouden lämmitykseen. Sitä voi käyttää esimerkiksi kaukolämpökattiloissa. Sitä saadaan puusta kaasuttamalla ja nesteyttämällä. Valmistuksen aikana puusta voidaan hyödyntää noin 70 prosenttia öljyksi asti. Sitä voidaan myös tietyin ehdoin sekoittaa öljynjalostukseen, josta saadaan hieman uusiutuvaa dieseliä. (Bioenergia 2020.)

Biokaasua voidaan siirtää paineistettuna tai nesteytettynä. Biokaasua valmistetaan biomassasta, jota voidaan jalostaa biometaaniksi, joka on kemiallisesti sama yhdiste kuin maakaasu. Biometaania voidaan käyttää liikenteessä polttoaineena tai käyttää esimerkiksi maakaasuverkossa. Sitä voidaan siirtää paineistettuna tai nesteytettynä. Biokaasua syntyy jätteen hajotessa. Muita lähteitä ovat esimerkiksi yhteiskunnan biojätteet ja maatalouden lannat. (Bioenergia 2020.)

Puupellettejä on hyvä käyttää kiinteistön lämmittämiseen. Pellettejä käytettäessä esimerkiksi lämmityskattilassa tarvitaan sille oma pellettipoltin. Voidaan myös käyttää stokeripoltinta, jolla voi lisäksi polttaa haketta ja niitä voi myös sekoittaa keskenään. Kiinteistöissä voidaan myös käyttää pellettitakkaa. Pellettitakkoja ei

tarvitse itse polttaa vaan niiden käyttö on automatisoitu ja toimintaa ohjaa termostaatti tai ohjausyksikkö, jota voi säätää. (RIL 265-2014, 45, 47.)

Bioenergian hyödyntäminen on melko ympäristöystävällistä, koska se tuotetaan pääasiassa ylijäämä jätteestä, joka on peräisin esimerkiksi teollisuudesta ja maataloudesta. Niiden hyödyntäminen vaatii oman laitteiston, joten alkukustannuksen jälkeen voi esimerkiksi maatilalla itse tuottaa energiaa. Puunpoltto aiheuttaa hiukkasia. Pelletti- ja hakepolttimet synnyttävät näitä kuitenkin vähän verrattuna perinteiseen tulisijaan (RIL 265-2014, 49).

## 2.4 Maa-, ilma- ja vesilämpöpumppu

Ilmalämpöpumppu muuttaa ulkoilman lämpimäksi. Pumpussa oleva kompressori siirtää lämpöä höyrystimen ja lauhduttimen välillä. Pumpun kylmäaine sitoo itseensä lämpöä höyrystyessä ja takaisin nesteeksi muuttuessa lauhduttimessa, se vapauttaa lämpöä. Lämpöä siirretään yksiköiden välillä kaasun avulla, eli konvektiolla. Järjestelmän tavoitteena on saada maksimihyöty irti välittäjäaineesta molemmissa yksiköissä. (RIL 265-2014, 49.)

Maalämpöpumppu kerää maaperään tai vesistöihin sitoutunutta lämpöenergiaa. Laitteisto vaatii porareian toimiakseen ja sinne asennetaan keruuputkisto. Kallio-perä on yleisin energiakaivon paikka. Putkistossa kiertää jäätymätön neste, joka lämpiää hieman matkan aikana. Myös maalämpöpumpussa on kompressori ja samanlainen höyrystys ja nesteytys reaktio, kuin ilmalämpöpumpussa. Pumpua suunniteltaessa on tärkeää, että putkisto mitoitetään oikein ja kompressori saa sähköä. Maalämpöpumppu on hyvä ratkaisu esimerkiksi vesikiertoisen lattialämmityksen hoitamiseen. Se ei kuitenkaan ole esimerkiksi yhtä tehokas, kuin öljylämmitteiset ratkaisut. (RIL 265-2014, 50–51.)

Poistoilmalämpöpumppu hyödyntää rakennuksen lämmintä poistoilmaa ottamalla sen talteen. Pumppu voi esimerkiksi siirtää lämmön tuloilmaan talteenoton jälkeen. Jos järjestelmällä halutaan viilentää sisäilmaa pitää huolehtia, että ilma vaihtuu vähintään kerran kahdessa tunnissa. (RIL 265-2014, 51.) Poistoilmaläm-

pöpumppu sopii hyvin uusiin asuinrakennuksiin, koska niihin suunnitellaan nykyään myös sille sopiva putkisto. Vanhan ilmanvaihtolaitteen voi myös korvata poistoilmapumpulla. Nykyaikaiset asunnot ovat energiatehokkaita, jolloin pumppu on hyvä ratkaisu alle 200 neliöisiin asuntoihin tai rivitaloihin. (NIBE.)

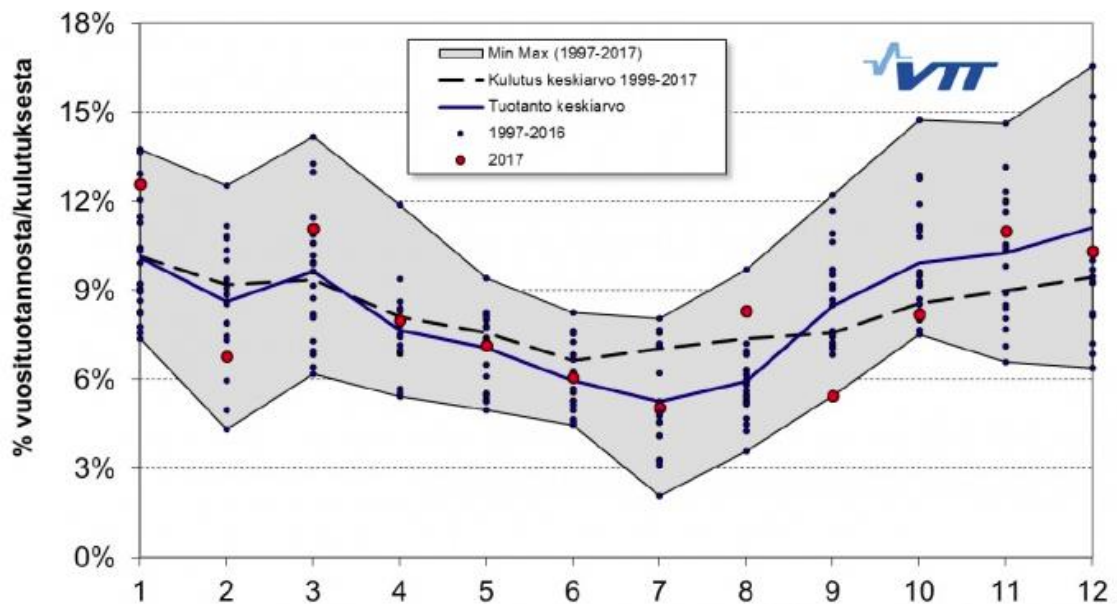
Ilma-vesilämpöpumppu muuntaa ulkoilman lämpöenergian laitteessa ja siirtää sen veteen. Tämän jälkeen veden voi johtaa asunnon vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään tai sillä voidaan lämmitellä käyttövesi. Suomessa järjestelmä saattaa vaatia tuekseen varajärjestelmän. Lämpöpumpun toiminta on sama, kuin muillakin pumpuilla. Pumpun lämpöenergian saanti heikkenee ulkoilman viilentyessä, jolloin Suomen talvet voivat olla sille melko vaikeat. Ilma-vesilämpöpumppu on halvempi hankkia, kuin maalämpöpumppu ja se voidaan asentaa sellaisiinkin paikkoihin, joihin maalämpöpumppua ei voi. Toisaalta sen heikompi suorituskyky vaatii todennäköisesti enemmän tukea muilta järjestelmiltä. (RIL 265-2014, 52.)

Maalämpöpumppu on edellä mainituista ainoa ratkaisu, joka pystyy hoitamaan lämmityksen ja käyttöveden saannin. Se soveltuu myös isoihin rakennuksiin lämpöratkaisuksi, kuten kerrostaloihin. Lämpöpumput tarvitsevat sähköä toimiakseen, joten ne eivät ole täysin ekologinen ratkaisu. Ne pystyvät toimittamaan suurimman osan tarvitusta energiasta ilman lisälaitteita. Niiden saatavuus ja kannattavuus riippuu kuitenkin monesta asiasta, kuten ilmasto-olosuhteista ja energian tarpeesta. (RIL 265-2014, 55–56.)

Maalämpöpumppu vaatii toimiakseen erikseen asennettavan putkiston, joka porataan esimerkiksi kallioon. Tähän toimenpiteeseen voidaan tarvita toimenpidelupa ja vesilain mukainen lupa, jos pumppu asennetaan vesistöön. Rakennuslupa vaaditaan suuriin järjestelmiin. Myös lämmönsiirtoneste voi olla luonnolle haitallista, joten se täytyy huomioida järjestelmää asennettaessa. Ilmalämpöpumput voi yleensä asentaa ilman lupia. Täytyy vain huolehtia, että se tulee näkymättömälle paikalle. (RIL 265-2014, 81, 84, 86.)

## 2.5 Tuulivoima

Tuulivoimala muuttaa ilmvirran liike-energian turbiineilla sähköksi. Tuulivoimalat eivät synnytä päästöjä toimintansa aikana. Tuulivoimalan sähköntuotto on erittäin riippuvainen sääolosuhteista. Tuulettoman päivän aikana voimala ei edes käynnisty. Tällöin sähköntuotanto voi olla ongelma, jos siihen turvaudutaan liikaa. Suomessa paras aika tuulivoimalan hyödyntämiselle on talvella, koska silloin tuulee yleensä eniten (Kuvio 5). Suomessa tuulivoima on vielä suhteellisen uusi energiamuoto ja sen potentiaalia on helppo vielä lisätä. Vuonna 2017 tuulivoima toimitti Suomeen 5,6 prosenttia kokonaissähköstä. (Suomen Tuulivoimayhdistys 2020.)



Kuvio 5. Tuulivoiman tuotanto kuukausittain vuosina 1997-2017 (Tuulivoimayhdistys 2018)

Asennuspaikka on tärkeä, kun voimalaa rakennetaan. Voimala vaatii laajan ja avoimen alueen, jos sen halutaan saavan täysi hyöty irti. Esimerkiksi rannikko-alueilla tuuli pääsee puhaltamaan tasaisesti potkuriin. Ihanteellisin paikka on korkealla sijaitsevat alueet, kuten kukkuloiden huiput. Helpoin ja yleisin käyttötapa tuulivoimalalle on muuntaa sen tuottama sähkö verkkosähköksi. Sillä voidaan myös tuottaa peruslämpöä talvisin ja se voidaan liittää sähkölämmitysjärjestelmään. (RIL 265-2014, 62.)

Käytön aikana tuulivoimalla ei ole suuria määriä lisäkustannuksia ja ylläpito on halpaa. Se on halvin kaikista energian tuottomuodoista Euroopan komission kyselyn mukaan. Käynnistyäkseen voimala tarvitsee tuulta 3 metriä sekunnissa. Suomessa sisämaassa keskituulen nopeudet ovat yleensä sen alle, joten siellä ei tuulivoimaa kannata välttämättä hyödyntää. Huoltokustannukset voivat nousta kalliiksi tuulivoimalassa. Tuuli- ja aurinkovoima ratkaisu voi olla yhdessä hyvä, kun aurinkoenergia toimii kesäisin ja tuulienergia paremmin talvisin. Talvisin myös tuulivoimala loistaa, koska silloin lämmöntarve on suurimmillaan ja samalla tuulee eniten. (RIL 265-2014, 63.)

Tuulivoimalaa rakennettaessa käytetään samoja säännöksiä kuin muussakin rakentamisessa. Isot voimalat vaativat maankäyttö- ja rakennuslakiin perustuvan alueen soveltuvuus kaavoituksen. Voimala vaatii aina toimenpide- tai rakennusluvan. Iso voimala voi myös vaatia lentoestelupaa tai vesistön ääreen rakennettava voimala vaatii vesiluvan. (RIL 265-2014, 87–88.)

## 2.6 Pienvesivoima

Vesivoimala muuttaa veden liike-energian sähköksi. Veden liike-energia saa voimalan turbiinin liikkeelle ja generaattorissa tämä muutetaan sähköksi. Generaattoria pyöritetään turbiinilla. Turbiinin valintaan vaikuttaa veden putouskorkeus ja se on yleisesti pienvesivoimaloissa noin 2–6 metriä ja teho 100–1000 kilowattia. Turbiineja on olemassa kahdenlaisia eli ylipaine- ja suihkuturbiineja. Ylipaineturbiineja käytetään, kun putouskorkeus vedellä on pieni. (RIL 265-2014, 64.)

Vesivoima on paikallisesti hyödyllistä. Sen avulla saadaan vähennettyä sähkön siirtokustannuksia ja varmennetaan sähkön saantia. Pienvesivoimayhdistyksen tutkimuksen mukaan Suomessa vanhojen patojen takana on noin 250 megawattia hyödyntämätöntä potentiaalia. Tätä potentiaalia voitaisiin helposti hyödyntää paikallisissa rakennuksissa. (RIL 265-2014, 65.)

Vesivoiman ylläpito on melko halpaa mutta se on kallista, kun sitä ollaan ottamassa käyttöön. Suomen alueella suurin osa vesivoimalaitoksista on jo vanhoja ja tämä asettaa haasteita huollolle. Toisaalta se on myös hyvä asia, koska pienillä

parannuksilla saadaan valjastettua lisää vesivoimatehoa Suomeen. EU määrittelee, että alle 10 megawatin tehoiset laitokset ovat pienlaitoksia. Tällaisia on Suomessa noin 150 ja ne tuottavat sähköä yhteensä noin 1 100 gigawattituntia. Vapaata energiapotentiaalia on vielä olemassa 1 400 gigawattituntia. (RIL 265-2014, 65-66.)

Vesivoima vaatii vesilakiin perustuvan luvan. Voimalaitoksen rakentamisella on aina oltava lupa ja yleisesti myös lupa tarvitaan muutosrakentamisen yhteydessä. Luvantarve liittyy vesistövaikutuksiin ja tarve järjestää veden käyttö osallisten kesken. (Tasanko 2019, 3, 6.)

## 2.7 Hybridit

Hybridi tarkoittaa yhdistelmäratkaisua. Sanan mukaisesti tarkoittaa siis kahden tai useamman lähienenergiamuodon liittämistä yhteen rakennukseen. Käsittelin aiemmin jo työssä esimerkiksi tuulivoiman ja aurinkovoiman yhdistämistä. Ajatuksena on siis, että toinen pystyy ylläpitämään energiatarpeen yllä paremmin, kuin toinen tiettyinä vuodenaikoina. Esimerkiksi aurinkoenergia toimii kesällä paremmin, kun on paljon auringonsäteilyä ja kennot saavat varastoitua paljon energiaa. Talvella tuulee enemmän kuin kesällä ja auringonsäteily on niukkaa, jolloin tuulivoima saa tuotettua energiaa tarpeen mukaan.

Yhdistelmäratkaisua mietittäessä kannattaa tietenkin pitää mielessä, ovatko kaikki ratkaisut aina taloudellisesti kannattavia. Tekniseltä kannalta mietittynä mikä tahansa energiamuoto sopii yhteen toisen kanssa. Kannattavuus taas riippuu esimerkiksi alueen olosuhteista ja viranomaiskäytännöistä. Yhdistelemällä eri lähienenergiamuotoja keskenään tai kauko- ja lähienenergiamuotoja saadaan hyötysuhteeltaan pääasiassa fiksuja ratkaisuja lähes joka käyttötarkoitukseen. (RIL 265-2014, 69.)

## 2.8 Energiatehokas talo

Energiatehokas talo tarkoittaa sitä, että talo säästää energiaa mutta se ei ole oma varainen energian tuoton suhteen. Energiatehokkaita taloja ovat matalaenergiatalot, passiivitalot, nollaenergiatalot ja plusenergiatalot. Energiatehokas talo on





lämmitysenergiaa Etelä-Suomessa vuotuisesti alle 60 kWh/brm<sup>2</sup> ja Pohjois-Suomessa alle 90 kWh/brm<sup>2</sup>. (Nollaenergiatalo.)

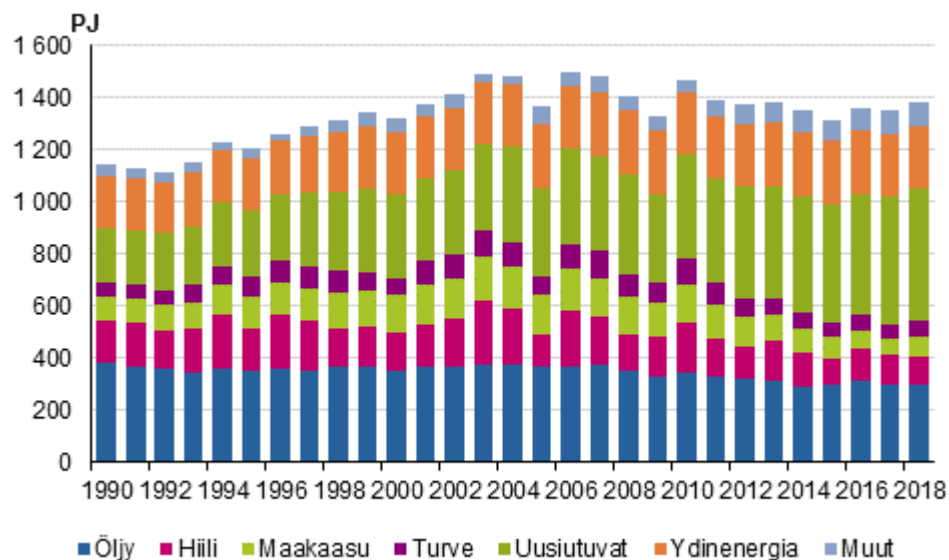
Passiivenergiatalo ei tarvitse lämmitys- eikä jäähdytysenergiaa. Tämä on yleinen määritelmä, joka ei tosin talvisin toteudu Suomessa. Passiivitalo käyttää lämmitysenergiaa Etelä-Suomessa vuotuisesti noin 20 kWh/brm<sup>2</sup> Pohjois-Suomessa noin 30 kWh/brm<sup>2</sup>. (Nollaenergiatalo.) Passiivitalo vaatii noin 5-10 prosentin lisäkustannukset rakennusvaiheessa verrattuna normaaliehdot täyttävään taloon. Suunnitteluvaiheessa voi olla hyvä välttää rakennuksen liikaa monimuotoisuutta, jotta energiahäviöitä on helpompi minimoida. (Energiatehokas koti 2020.)

Nollaenergiatalo tuottaa määritelmän mukaan ainakin saman verran uusiutuvaa energiaa, kuin mitä se kuluttaa uusiutumatonta. Plusenergiatalo tuottaa energiaa vuoden aikana enemmän kuin mitä se käyttää. (Nollaenergiatalo.fi.) Nettoenergiatase lasketaan vuosittain kulutuksen ja tuotannon erosta. Nollaenergiatasolle pääsy edellyttää kaiken lämmityksen ja sähkön kulutuksen minimointia. (RIL 265-2014, 13.)

### 3 UUSIUTUMATTOMAT ENERGIAT

#### 3.1 Fossiiliset polttoaineet

Fossiiliset polttoaineet ovat siis uusiutumattomia energiamuotoja ja niiden polttaminen synnyttää hiilidioksidia, joka kiihdyttää kasvihuoneilmiötä eli ilmastonmuutosta. Fossiiliset polttoaineet ovat edelleen iso osa Suomen vuotuista energiantuotantoa (Kuvio 7). Ne ovat ehtymässä maapallolta ja sen vuoksi uusiutuvat energiamuodot ovat erittäin tärkeässä asemassa tulevaisuudessa. Fossiilisia polttoaineita ovat öljy, kivihiili ja maakaasu. Osittain myös turve kuuluu tähän kategoriaan mutta siitä lisää seuraavassa luvussa.



Kuvio 7. Fossiilisten polttoaineiden, turpeen ja ydinenergian käytön kehitys energian kokonaiskulutuksessa petajouleissa vuosina 1990-2018 (Tilastokeskus 2019)

Öljy on ylivoimaisesti maailman tärkein yksittäinen energianlähde. Se on arvioiden mukaan loppumassa 40 vuoden kuluttua, jos sen käyttöä ei hillitä. Se on syntynyt, kun kasvit ovat puristuneet kovassa paineessa ja lämmössä maankuoressa miljoonien vuosien ajan. Sitä porataan maankuoren sisältä useiden kilometrien syvyydestä ja suurin osa maailman öljyvarannoista sijaitsee Lähi-Idässä. Euroopan alueella suurin tuotantoalue on Pohjanmeri. (Energiamailma 2018.)

Noin neljännes Suomen energiankulutuksesta katetaan öljyllä. Raakaöljyä ei Suomessa esiinny, joten olemme pääosin öljyntuojia Venäjän suunnalta. Suomi on kovaa vauhtia kehittämässä puhtaampia liikennepolttoaineita muiden kärkimaiden kanssa. Raakaöljystä jalostetaan eri tuotteita moneen eri käyttötarkoitukseen. Siitä saadaan esimerkiksi bensaa, lämmitysöljyä ja nestekaasua. Öljyä käytetään myös esimerkiksi varapolttoaineena energiantuotannossa. Öljyn hinta voi vaihdella päivittäin tuotannon ja esimerkiksi maailmanlaajuisten kriisien myötä. (Energiamailma 2018.)

Kivihiiltä on eniten maankuoressa tavallisista energialähteistä. Se on syntynyt puristuksiin jääneestä turpeesta satoja miljoonia vuosia sitten. Kivihiiltä saadaan avolouhoksista ja kaivoksista. Suurimmat kivihiilen tuottajamaat ovat Kiina, Yhdysvallat ja Venäjä. Suomesta ei löydy kivihiiltä vaan sitä tuodaan Puolasta ja Venäjältä. Suomessa sähköä tuottavat hiililaitokset sijaitsevat etelän rannikkoalueilla. Lähiaikoina hiiltä on alettu korvaamaan esimerkiksi lisääntyneellä puun poltolla. (Energiamailma 2018.)

Ennen polttoa kivihiili jauhetaan yleensä tomuksi, jonka jälkeen se syötetään poltimeen. Se palaa hyvin ja sillä on suuri lämpöarvo. Toisin kuin öljyä, kivihiiltä on saatavilla paljon, jonka myötä sen hinnan uskotaan pysyvän muuttumattomana. Muiden energialähteiden hintoja verrataan kivihiilen hintaan. Kivihiili on saastuttavin polttoaine tällä hetkellä. Hyvällä laitteistolla sen palamistuotteena synnyttämä rikki ja raskasmetallit saadaan melko hyvin eliminoitua ilmastosta. (Energiamailma 2018.)

Maakaasu on fossiilisista polttoaineista puhtain. Se koostuu melkein kokonaan metaanista, jota syntyy biomassan hajoamisessa. Suomessa maakaasua käytetään sähköntuotannossa ja lämmityksessä. Se on hyvä energianlähde esimerkiksi kaukolämmitykseen. Maakaasua voi myös käyttää liikenteen polttoaineena ja se on edullisempaa, kuin bensiini tai diesel. (Suomen kaasuenergia 2020.) Maakaasua pidetään eräänlaisena siirtymäratkaisuna kohti puhtaampaa Suomea. Se on huomattavasti puhtaampaa kuin öljy ja kivihiili. Sitä voidaan myös nesteyttää, joten se monikäyttöinen.

### 3.2 Turve

Turve luokitellaan nykypäivänä uusiutuvien ja uusiutumattomien energiamuotojen väliin. Turve on erittäin hitaasti uusiutuva luonnonvara, joka myös palaa hyvin epäpuhtaasti. Se aiheuttaa enemmän hiilidioksidipäästöjä, kuin kivihiilen polttaminen. Turvetta käytetään Suomessa yleisesti teollisuudessa polttoaineena.

Turve on syntynyt maastuneista suokasveista. Se on siis eloperäinen maalaji, joka on syntynyt viimeisen 10 000 vuoden aikana edellisen jääkauden jälkeen. Muualla maailmassa on myös paljon suoalueita, joita hyödynnetään. Turpeen käyttö energiantuotantoon on huomattavaa Suomen lisäksi esimerkiksi Irlannissa, Ruotsissa ja Venäjällä. Turvetta alettiin käyttämään laajasti vasta 1970-luvun öljykriisin jälkeen. Turvetta poltetaan yleensä puun kanssa sen jälkeen, kun se on nostettu suoalueelta ja kuivatettu. Suomessa on panostettu tähän prosessiin paljon, jotta se on kannattava polttoaine. (Energiamailma 2018.)

### 3.3 Ydinenergia

Ydinenergiaa valmistetaan ydinvoimalaitoksissa. Sitä käytetään ympäri maailman ja Suomessa on myös muutama reaktoriyksikkö. Voimalassa kuumentunut vesi muuttuu höyryksi, joka pyörittää turbiinia. Lämpö luodaan reaktorin sisällä atomiytimien hallitulla halkaisulla ketjureaktiona. Atomiytimen halkaisua kutsutaan myös fissioksi. Fissio saa aikaan voimakkaan lämpötilan muutoksen atomiytimien halkeillessa. Reaktiosta syntyvä lämpö johdetaan turbiiniin ja lämpöenergia muutetaan liike-energiaksi. Viimeisenä vaiheena on generaattorin tehtävä muuttaa se sähköenergiaksi. (Vattenfall.)

Voimalaitoksessa käytetään rikastettua urania polttoaineena, joka on uusiutumaton luonnonvara. Tällä hetkellä maailman uraanivarantojen uskotaan riittävän lähes 100 vuodeksi mutta epäillään, että sitä on vielä moninkertainen määrä maankuoren sisällä ja meressä. Varmuus ydinlaitoksissa on hyvällä tasolla ja sen aiheuttamat kasvihuonepäästöt ovat matalia. Suomessa vuonna 2016 ydinvoiman osuus sähköntuotannossa oli noin 34 prosenttia. (Vattenfall.)

Hyvinä puolina ydinvoimassa pidetään vähäpäästöisyyttä ja sillä tuotettu sähkö on halpaa. Haittapuolena on polttoaine eli uraani, joka on radioaktiivista eli haitallista ihmisille ja luonnolle. Luonnonuraani pitää myös rikastaa ydinpolttoaineeksi ja tämä prosessi saastuttaa myös ympäröivää aluetta. Ydinvoimalan käytöstä muodostuu ydinjätettä, joka on radioaktiivista. Ydinjäte on haudattava esimerkiksi syvälle maahan, jotta sen aiheuttama säteily ei ole vaaraksi esimerkiksi eläimille. Sen pitää pysyä haudattuna tuhansia vuosia riippuen jätteen puoliintumisaikasta. Osa ydinjätteestä voidaan myös nykyään jalostaa raaka-aineeksi ydinaseisiin. (Vattenfall.)

Tulevaisuudessa saatetaan siirtyä fuusioreaktoreiden käyttöön. Fuusio perustuu kahden ytimen sulauttamiseen, jolloin syntyy suurempi ydin. Fuusio aiheuttaa suuren lämpöpurkauksen, joka voidaan hyödyntää sähköntuotannossa. Tällä tavalla saataisiin paljon energiaa halpoja vedyn isotooppeja hyödyntämällä. Tämä voisi tarjota melkein loputtoman energialähteen ja prosessi olisi myös päästötön. Ensimmäinen prototyyppi on valmistumassa Ranskaan, mutta fuusioreaktiota tuskin saadaan tuotantokäyttöön ennen vuosisadan puoliväliä. (Vattenfall.)

Jokainen ydinatomin halkeaminen eli fissio vapauttaa energiaa sekä uusia neutroneita. Nämä jatkavat reaktiota eteenpäin. Uraanin energiatiheys on erittäin korkea. Yksi gramma ydinpolttoainetta vastaa energiamäärältään 120 kiloa kivihiiltä. Ydinreaktori toimii vuoden päivät yhdellä polttoainelatauksella. Ydinreaktio ei saastuta luontoa mutta laitteisto ja uraanin käsittely ja ydinjäte on haitallista. (Ilmasto-opas.fi 2020.)

## 4 LASKUESIMERKKEJÄ

### 4.1 Taustatietoa kohteesta

Kohde on mökkirakennus Rovaniemen Ylinammassa, joka sijaitsee noin 50 kilometriä Rovaniemen keskustasta Sodankylän suuntaan. Kohde on rakennettu vuonna 1998, ja sen jälkeen sitä on kunnostettu ajan saatossa. Laskettavan kohteen kerrospinta-ala on noin 65 neliötä (Liite 1), johon kuuluu sauna, tuppa, keittiö ja parvi. Rakennus on suunniteltu ympärivuotiseen käyttöön mutta lämmitys on erittäin pienellä mökin ollessa tyhjänä. Rakennuksen lämmitettävä kuutiolavuus on noin 135 (Liite 2).

Tällä hetkellä kohteessa on suorasähkölämmitys yhdessä tulisijan kanssa. Vuotuinen sähkönkulutus on viime vuodelta 3 857 kWh eli 3,86 MWh. Sähkösopimuksessa sähkön hinta on 5,48 snt/kWh, josta saadaan vuotuiseksi sähkön hinnaksi  $3\,857\text{ kWh} \cdot 5,48\text{ snt/kWh} = 211,36$  euroa. Siihen päälle lisätään vielä perusmaksut ja sähkönsiirto, jotka tekevät 428,39 euroa vuodessa. Yhteissummaksi sähkön osalta saadaan siis  $211,36 + 428,39 = 639,75$  euroa vuodessa.

Tarkoituksena on siis käydä läpi laskuesimerkkejä uusiutuvan energian vaihtoehtoista. Käsittelen seuraavaksi korvaavia vaihtoehtoisia ratkaisuja kuluvalle lämmityssähkölle. Lasken esimerkit aurinkosähkölle, pellettipolttimolle, ilmalämpöpumpulle ja tuulivoimalle. Kaikki vaihtoehdot eivät ole ihanteellisia paikan ja vuodenajan suhteen. Korvaava ratkaisu pitäisi nimenomaan löytää talviajalle lämmityksen suhteen, jolloin sähköä menee selvästi eniten.

Taulukko 1. Pelkistetty taulukko energiamuodon pääomasta ja käyttökustannuksista (RIL 265-2014, 71)

Energiamuoto	Käyttömahdollisuus	Pääoma €/kW	Käyttöikä (vuotta)	Käyttökustannus €/kWh
Aurinkosähkö	Sähkö	1 500-3 500	30	0
Pelletit	Lämpö(ja sähkö)	350-1 500	20-25	0,045-0,06
Ilmalämpöpumput	Lämpö	300-600	15	0,05-0,06

## 4.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähkö järjestelmän hinta Suomessa vuoden 2019 keväällä oli 1,3-3,0 €/W. Hintaan vaikuttaa esimerkiksi toimittaja ja asennuskohde. Piikkiwatti kuvaa, kuinka paljon aurinkopaneeli voi tuottaa enimmillään tehoa normaaliolosuhteissa. Yhden kilowatin paneeli tarvitsee yleensä noin 6-8 neliömetrin alan. Alan ja piikkitehon suhdetta voidaan kuvata hyötysuhteella. Pohjois-Suomessa 1 kilowatin piikkiteholla voidaan arviolta tuottaa 700-900 kWh sähköä vuoden aikana. Keskiarvo olisi näin ollen 800 kWh ja näitä tarvittaisiin 5 kappaletta, jotta mökin sähkönkulutus saataisiin korvattua. (Motiva 2019.)

Elfin tarjoaa esimerkiksi 3-vaihejärjestelmää, jonka piikkiteho olisi 5,4 kW. Alustava hinta paketille olisi 8 500-9 500 euroa. Pakettiin sisältyy asennus ja kaikki järjestelmän vaatimat komponentit. Hinnat voivat hieman vaihdella kohteen ja arviointikäynnin mukaan. (Elfin.) Hintavertailu esimerkiksi (Taulukko 1) taulukkoon osoittaa hinnat suunnilleen samoiksi. Huipputeho asennettuna 1 500 euron hinnalla ja 5,4 kW piikkiteholla tekisi 8 100 euroa.

Aurinkosähkön käyttökulut ovat melko pienet alkuinvestoinnin jälkeen, joten saadusta pakettihinnasta voi helposti päätellä, että noin 9 000 euron investointi säästäisi vuodessa noin 600 euroa. Mökin nykyiset sähkökustannukset ovat 639,75 euroa vuodessa ja siitä voidaan hieman vähentää esimerkiksi huoltokustannuksia. Tästä saataisiin takaisinmaksuajaksi noin  $9\,000\text{ €} / 600\text{ €} = 15$  vuotta nykyisellä sähkönkulutuksella ja hinnalla.

## 4.3 Pellettipoltin

Puupelletin kuluttajahinta on ollut 58 €/MWh syyskuussa 2019 (Tilastokeskus 2019). Mökin kulutus vuoden aikana oli 3,86 MWh ja laskemalla näillä arvoilla pellettien hinnaksi tulisi  $58\text{ €/MWh} \times 3,86\text{ MWh} = 223,88$  euroa vuodessa. Tätä voidaan verrata (Taulukko 1) taulukkoon ja ottaa käyttöhinnaksi esimerkiksi 0,055 €/kWh, josta saadaan  $0,055\text{ €/kWh} \times 3\,857\text{ kWh} = 212,14$  euroa.



Käyttökustannukset ovat vuoden ajalta tiedossa ja seuraavaksi selvitetään itse polttimen investointikustannus sekä varastointirakennus. Valitaan pellettipolttimoksi KIPi 5-20 kW ja ohjausyksikkö EM 850 P sekä siiloksi Pellettisiilo Atmos 250 litraa (Cerbos). Näille tulisi yhteishinnaksi 1 433 euroa.

Vuoden aikana kohteen sähkökulut ovat nyt 639,75 euroa. Tästä vähennetään pelletin kuluttajahinta ja saadaan säästöä  $639,75 - 223,88 = 415,87$  euroa vuoden aikana. Polttimen ja siilon yhteishinta oli 1 433 euroa, joten tämän saisi kuitattua noin  $1\,433\text{ €} / 415,87\text{ €} = 3,5$  vuodessa. Laskuista on kyllä poissa vielä esimerkiksi mahdolliset varaosakulut ja pelletinkuljetukset sekä asennuskulut laitteistolle.

#### 4.4 Ilmalämpöpumppu

Kohteessa olisi hyvä pumpun teho noin 5,0 kW (KKH-Luoma). Käytetään laskuissa Mitsubishi Electric LN25 HERO ilmalämpöpumppua. Se pystyy lämmittämään maksimissaan 120 neliön alueen ohjearvon mukaan. Lämmitysteho vaihtelee 1 kW ja 6,3 kW:n välillä. Normaalihinta pumpulla on 1 936 euroa, joten käytän sitä arvoa. Kyseinen pumppu voi myös jäähdyttää ilmaa kesäisin. Pumpun pitäisi pystyä lämmittämään ilmaa vielä 35 asteen pakkasilla tietojen mukaan. (Taloon.)

Taulukosta (Taulukko 1) voi ottaa ilmalämpöpumpulle käyttökustannuksen, joka on 0,06 €/kWh. Tästä tulee mökille käyttökustannukseksi  $3\,857\text{ kWh} \cdot 0,06\text{ €/kWh} = 231,42$  euroa vuodessa. Vuosittaista säästöä tulisi tällä ratkaisulla  $639,75 - 231,42 = 408,33$  euroa. Ilmalämpöpumppua ei saa itse asentaa, joten asennuskustannuksia tulee hieman. Karkeasti pumpun hinta, asennuskustannukset ja mahdolliset huoltotoimenpiteet yhteenlaskettuna saadaan alkuinvestoinniksi 2 500 euroa. Vuosisäästöillä tämän saisi maksettua takaisin hieman reilussa  $2\,500\text{ €} / 408,33\text{ €} = 6$  vuodessa.

#### 4.5 Tuulivoima

Tuulivoimalan teho riippuu tuulen nopeudesta ja potkurin koosta. Sisämaassa tuulee yleensä noin 3 metriä sekunnissa, joka alkaa olla miniminopeuksia voimalan toimintaan. Vertailukohteeseen voi harkita 5 metristä potkurin halkaisijaa. 4-

6 metrin potkurin halkaisija ja 3-5 kW:n generaattori tuottaa vuoden aikana 3 000-7 000 kWh sähköä. Tuulivoimala ei sovi jokaiseen paikkaan Suomessa ja ennen asennusta täytyy, selvittää onko se edes kannattava. (Eklund 2011, 9, 10, 16.)

Kohteessa voidaan käyttää WindSpot 3,5 kW potkuria, jonka pitäisi riittää tehoiltaan. Pakettiin sisältyy Tuulivoimala, ohjausyksikkö, jarruvastus, verkkoinvertteri ja turvakytkimet. Hintaa paketille tulee 11 900 euroa ja akkumallinen on 9 900 euroa. (Kodin energia.)

Tuulivoiman tuotantokustannus on tullut reilusti alaspäin viime vuosina. Alun investoinnin jälkeen sillä on hyvin vähän käyttökustannuksia, kuten aurinkovoimalakin. Kustannukset ovat 40 €/MWh maatuulivoimalle ja 70 €/MWh merituulivoimalle. Kustannusten uskotaan laskevan vielä entisestään lähivuosina. (Tuulivoimayhdistys 2017.)

Näillä arvoilla voidaan laskea vertailukohteelle vuotuinen kulu  $3,86 \text{ MWh} \cdot 40 \text{ €/MWh} = 154,4 \text{ €}$ . Säästöä vuotuisesti tulisi  $639,75 - 154,4 = 485,35 \text{ euroa}$ . Takaisinmaksuaika olisi näillä arvoilla laskettuna  $11\,900 \text{ €} / 485,35 \text{ €} = 24,5 \text{ vuotta}$ . Takaisinmaksuaika tuulivoimalla olisi siis melko pitkä kyseisessä kohteessa ja, kun tähän lisätään huoltokustannukset ja muut kulut, voidaan miettiä tuulivoiman kannattavuutta vertailukohteessa. Lisäksi tuulettomassa säässä talvella pitäisi turvautua esimerkiksi nykyisesti kohteessa olevaan sähkölämmitykseen.

## 5 TULOKSET JA POHDINTA

Saadut tulokset tukevat ennakkokäsitettä ja teoriaa. Alkuinvestoinnit kaikissa laskuesimerkeissä olivat suuret verrattuna nykykulutukseen. Käyttökustannukset olivat kuitenkin halvemmat kuin nykyisessä suorasähkö vaihtoehdossa, joten korvaavat ratkaisut maksaisivat kyllä itsensä takaisin tietyn ajan kuluessa. Pieni kulutus on ongelmallinen myös suurten investointi vaihtoehtojen kannalta, koska ne vaativat pidemmän ajan takaisinmaksuun.

Sijainti ja sitä ympäröivä alue huomioitaessa en itse ainakaan suosittelisi esimerkiksi tuulivoimaa alueelle ollenkaan. Kohde on sisämaassa ja siellä on paljon ympäröivää metsää. Toisaalta kohde on järven rannalla, joka tuo avaran alueen voimalalle, mutta toisaalta voimala tulisi näköesteeksi. Voimala ei myöskään ollut takaisinmaksuajaltaan paras vaihtoehto. Tämä johtuu lähinnä vähäisestä vuosikulutuksesta, jolloin takaisinmaksuaika venyy.

Pellettipolttimen alkuinvestoinnin saa nopeaa takaisin. Vuotuinen säästö nousee muutamaan sataan ja takaisinmaksussa menee vain noin 3,5 vuotta. Polttimen kohdalla ei ole tietenkään huomioitu mahdollisia huoltokustannuksia ja varaosien ostoa. Se myös vaatii enemmän huoltoa ja toimenpiteitä, kuin esimerkiksi tuulivoima ja aurinkosähkö.

Aurinkosähkö oli myös alkuinvestoinniltaan kallis kuten tuulivoima. Paneelit ja niiden asennus on kallis menoerä alussa, mutta ne vaativat vähän toimenpiteitä alun jälkeen ja käyttökustannukset ovat periaatteessa olemattomat. Esimerkilaskennassa laitoin vähän huoltokustannuksia vuotuisen säästöön, jotta sain hieman realistisemman kuvan takaisinmaksuajasta ja kannattavuudesta. Takaisinmaksuajaksi sain noin 15 vuotta. Se on melko pitkä aika ja realistisesti ajateltuna aurinkosähkö ei pystyisi korvaamaan vuosikulutusta kohteessa. Vahvuudet eivät sijoitu talviaikaan, jolloin säteily on heikoimmillaan.

Ilmalämpöpumppu on viimeinen laskennan kohde ja siinäkin alkuinvestoinnin saa nopeaa takaisin. Takaisinmaksuajaksi tuli noin 6 vuotta esimerkin laitteelle. Ilma-

lämpöpumpun toiminta kylläkin heikentyy talviolioissa. Esimerkin valmistajan mukaan se pystyy lämmittämään pakkasilmaa jopa 35 miinusasteeseen. Se varmaan pitää paikkaansa mutta laitteen teho alkaa siinä vaiheessa hiipumaan ihan neolosuhteisiin verrattuna. Se on myös tukilämmitysjärjestelmä, joten esimerkiksi sähkönsaanti pitäisi järjestää muuta kautta.

Paras edellä mainituista vaihtoehtoista kohteeseen on minun mielestäni pellettipoltin. Kohteessa on jo tulisija ja hormi valmiina, joten sitäkin voi hyödyntää pellettipolttimon yhteydessä. Vertailukohde on sen verran pieni, että pellettipolttimen pitäisi pystyä lämmittämään mökki myös kovilla pakkasilla.

Työn tavoitteena oli tutustua tarkemmin uusiutuviin energianlähteisiin pientalojen lämmönlähteenä ja käyttää tätä tietoa arvioimaan mahdollisia niistä tulevia kustannuksia ja vertailla tuloksia sähkölämmitykseen. Työn tavoite onnistui mielestäni hyvin. Alussa on tietoa Suomen energiankulutuksesta ja mistä se koostuu. Seuraavaksi käydään läpi uusiutuvia energiamuotoja ja kerrotaan, miten ne toimivat ja miten niitä voi hyödyntää pientaloissa tai suuremmissa kokonaisuuksissa. Ennen vertailukohteen tietoja ja laskuesimerkkejä käydään myös uusiutumattomat energiamuodot lyhyesti läpi. Lopussa käytän ennakkotietoja apuna laskuesimerkeissä.

Mielestäni työn tavoitteeseen päästiin. Itse ainakin sain paljon uutta teoretietoa uusiutuvasta energiasta, kun tein laajemman työn aiheeseen liittyen. Työn jälkeen pystyn paremmin käsittämään kokonaisuuksia energialähteisiin liittyen ja miten ne voivat toimia esimerkiksi yhdistelmäratkaisuna. Työssä käytin paljon erilaisia nettisivuja ja yhtä alan kirjajulkaisua hyväkseni. Luin myös muutamia alan ihmisten julkaisuja ja esitelmiä.

Suurin haaste työssä oli laskuesimerkkien tuottaminen. Alkutietona oli vertailukohteen lämpöenergian tarve mutta esimerkiksi käyttökustannusten arviointi oli melko hankalaa eri vaihtoehtoissa. Tässä olisi ehdottomasti auttanut käytännön kokemus aiheeseen liittyen, mutta työssä käyttämien lähteiden perusteella sain koottua tyydyttävän arvion käyttökustannuksista. Näiden perusteella ja lähteistä

saamien alkuinvestointihintojen avulla sain laskettua kustannusarvioita vertailtavaan mökkikohteeseen.

## LÄHTEET

Bioenergia 2020. Tietopankki. Viitattu 16.5.2020 <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/>.

Bioenergia 2020. Tietopankki. Biodiesel ja biokaasu. Viitattu 17.5.2020 <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/biodiesel-ja-biokaasu/>.

Cerbos. Pellettipolttimet. Viitattu 18.5.2020 <https://www.cerbos.ee/fi/pellettipolttimet/611-pellettipoltin-kiipi-20-kw-ohjausyksikko-em-850-p.html>.

Cerbos. Pellettisiilot. Viitattu 18.5.2020 <https://www.cerbos.ee/fi/pellettisiilot/224-pellettisiilo-atmos-250-l.html>.

Eklund, E. 2011. Jokamiehen opas pientuulivoiman käyttöön. Tampereella tuulee-projekti. Tampere: Kodin vihreä energia Oy. Viitattu 18.5.2020 [https://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/759-Joka\\_miehen\\_opas\\_motiva.pdf](https://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/759-Joka_miehen_opas_motiva.pdf).

Elfin. Älykkäät ratkaisut. Lämmitys. Aurinkosähkö. Viitattu 18.5.2020 [https://www.elfin.fi/alykkaat-ratkaisut/lammitys/aurinkosahko/?gclid=CjwKCAjw5lj2BRBdEiwA0Frc9Vx5gUN2l96qEkfUQV-itFa6rxqBZI2JmHfED5gM9g7jW7H9jXS4WRoCRIYQAvD\\_BwE](https://www.elfin.fi/alykkaat-ratkaisut/lammitys/aurinkosahko/?gclid=CjwKCAjw5lj2BRBdEiwA0Frc9Vx5gUN2l96qEkfUQV-itFa6rxqBZI2JmHfED5gM9g7jW7H9jXS4WRoCRIYQAvD_BwE).

Energiamailma 2018. Mistä virtaa. Fossiiliset energialähteet. Kivihiili. Viitattu 17.5.2020 <https://energiamailma.fi/mista-virtaa/fossiiliset-energiالاhteet/kivihiili/>.

Energiamailma 2018. Mistä virtaa. Fossiiliset energialähteet. Öljy. Viitattu 17.5.2020 <https://energiamailma.fi/mista-virtaa/fossiiliset-energiالاhteet/oljy/>.

Energiamailma 2018. Mistä virtaa. Kaukolämpö. Viitattu 16.5.2020 <https://energiamailma.fi/mista-virtaa/kaukolampo/>.

Energiamailma 2018. Mistä virtaa. Turve. Viitattu 17.5.2020 <https://energiamailma.fi/mista-virtaa/turve/>.

Energiatehokas koti 2020. Perustietoa. Hyvä tietää. Passiivitalo. Viitattu 17.5.2020 [https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva\\_tietaa/passiivitalo](https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/passiivitalo).

Findikaattori 2019. Uusiutuvat energialähteet. Viitattu 16.5.2020 <https://findikaattori.fi/fi/89>.

Ilmasto-opas.fi 2020. Ilmastomuutos. Hillintä. Viitattu 17.5.2020 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/ed54e5ef-47f6-41b9-bb5d-8d7b72323571/ydinvoima-on-vahapaastoista-energiaa.html>.

KKH-Luoma. Mitoitus. Viitattu 18.5.2020 <https://www.kkh-luoma.fi/mitoitus.html>.

Kodin energia. Windspot tuulivoimalat. Viitattu 18.5.2020 <https://sites.google.com/site/kodinvihreaenergia/windspot-tuulivoimalat>.

Lähienergia 2020. Lähienergiamuodot. Viitattu 16.5.2020 <https://www.lahienergia.org/lahienergiamuodot/>.

Motiva 2020. Bioenergia. Puuenergian käyttö. Viitattu 16.5.2020 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/bioenergian\\_kaytto/puuenergian\\_kaytto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/bioenergian_kaytto/puuenergian_kaytto).

Motiva 2019. Ratkaisut. Energiankäyttö Suomessa. Energian loppukäyttö. Viitattu 18.5.2020 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto-suomessa/energian\\_loppukaytto](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto-suomessa/energian_loppukaytto).

Motiva 2019. Ratkaisut. Uusiutuva energia. Aurinkosähkö. Viitattu 18.5.2020 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelmien\\_hinta](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelmien_hinta).

Motiva 2017. Ratkaisut. Uusiutuva energia. Aurinkosähkö. Viitattu 25.5.2020 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho).

NIBE. Tietopankki. Poistoilmalämpö. Viitattu 17.5.2020 <https://www.nibe.eu/fi/fi/tietopankki/poistoilmalampo---kayta-ilma-udelleen-kodissasi>.

Nollaenergiatalo.fi. Nollaenergiatalon suunnittelu. Aurinkopaneeli. Viitattu 18.5.2020 <https://www.nollaenergiatalo.fi/nollaenergiatalon-suunnittelu#aurinkopaneeli>.

Nollaenergiatalo.fi. Nollaenergiatalon suunnittelu. Energiatalojen määritelmät. Viitattu 17.5.2020 <https://www.nollaenergiatalo.fi/nollaenergiatalon-suunnittelu/energiatalojen-maaritelmat>.

Rexel. Palvelut. Aurinkosähkö. Miten aurinkosähkö toimii. Viitattu 18.5.2020 <https://www.rexel.fi/Palvelut/Aurinkosahko/miten-aurinkosahko-toimii/>.

RIL 265-2014. Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

Suomen kaasuenergia 2020. Maakaasu ja biokaasu. Viitattu 17.5.2020 <https://suomenkaasuenergia.fi/maakaasu-ja-biokaasu/>.

Suomen Tuulivoimayhdistys 2020. Tietoa tuulivoimasta. Viitattu 17.5.2020 <https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta>.

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus STEK ry 2020. Sähköenergian tuotanto. Viitattu 16.5.2020 <https://stek.fi/perustietoa-sahkosta/sahkoenergian-tuotanto/>.

Taloon.com 2020. Ilmalämpöpumppu. Mitsubishi Electric. Viitattu 18.5.2020 <https://www.taloon.com/ilmalampopumppu-mitsubishi-electric-ln25-hero-valkoinen>.

Tasanko, E. 2019. Vesilain (587/2011) mukainen lupa ja lupahakemuksen sisältö. Hämeenlinna: Etelä-Suomen aluehallintavirasto. Viitattu 18.5.2020

[https://energiayrittajyys.fi/sites/energiatehokkaasti/files/pienvesivoima-  
avin\\_lupa.pdf](https://energiayrittajyys.fi/sites/energiatehokkaasti/files/pienvesivoima-<br/>avin_lupa.pdf).

Tilastokeskus 2019. Tilastot. Fossiiliset polttoaineet. Viitattu 18.5.2020  
[https://www.stat.fi/til/ehk/2018/ehk\\_2018\\_2019-12-12\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/ehk/2018/ehk_2018_2019-12-12_tie_001_fi.html).

Tilastokeskus 2019. Tilastot. Lämmitysenergian kuluttajahintoja. Viitattu  
18.5.2020 [https://www.stat.fi/til/ehi/2019/03/ehi\\_2019\\_03\\_2019-12-  
11\\_tau\\_003\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/ehi/2019/03/ehi_2019_03_2019-12-<br/>11_tau_003_fi.html).

Tilastokeskus 2019. Tilastot. Uusiutuva energia. Viitattu 18.5.2020  
[http://www.stat.fi/til/ehk/2018/04/ehk\\_2018\\_04\\_2019-03-28\\_kuv\\_013\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehk/2018/04/ehk_2018_04_2019-03-28_kuv_013_fi.html).

Tuulivoimayhdistys 2017. Tietoa tuulivoimasta. Taloudellisuus. Tuotantokustan-  
nukset. Viitattu 19.5.2020 [https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoi-  
masta/tietoa-tuulivoimasta/taloudellisuus/tuotantokustannukset](https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoi-<br/>masta/tietoa-tuulivoimasta/taloudellisuus/tuotantokustannukset).

Tuulivoimayhdistys 2018. Tietoa tuulivoimasta. Tuulivoimatuotanto. Viitattu  
18.5.2020 [https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoi-  
masta/tuulivoimatuotanto/tuotannon-vaihteluvuus/talvella-tuulee-eniten](https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoi-<br/>masta/tuulivoimatuotanto/tuotannon-vaihteluvuus/talvella-tuulee-eniten).

Vattenfall. Sähkösopimukset. Tuotantomuodot. Ydinvoima. Viitattu 17.5.2020  
<https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/ydinvoima/>.

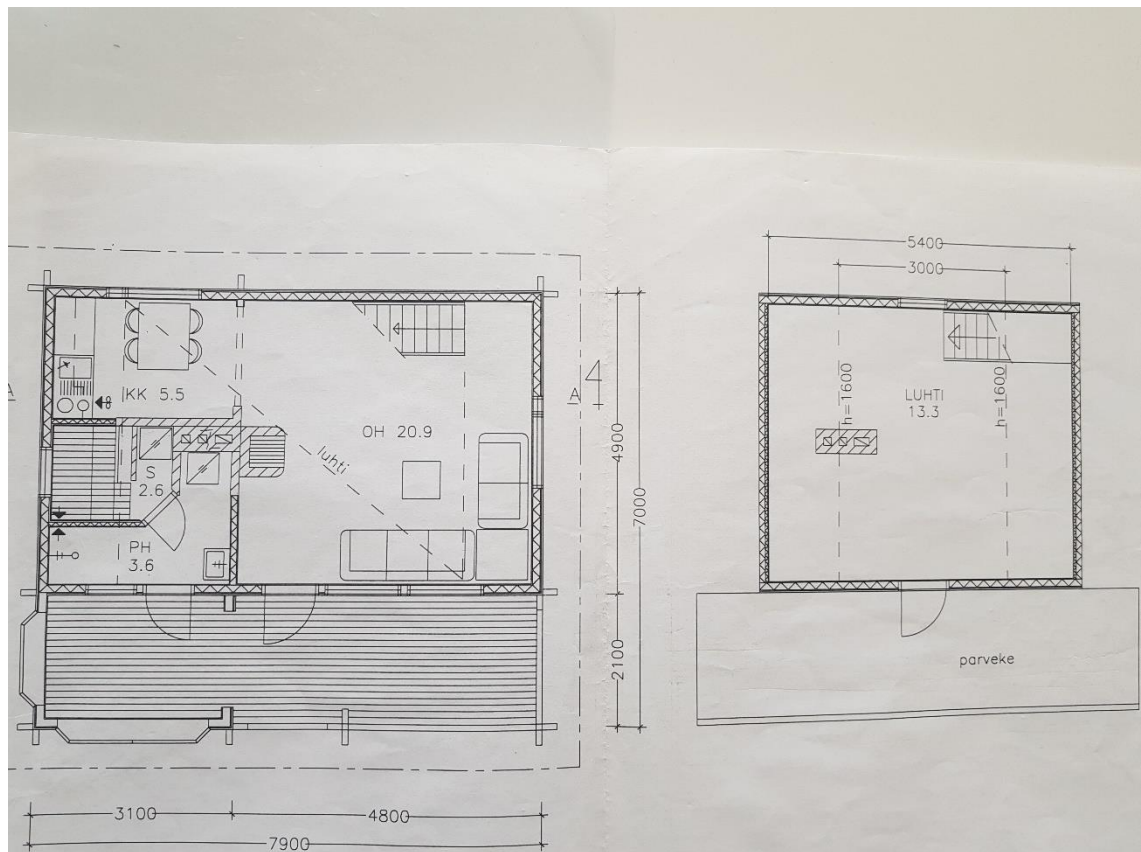


## LIITTEET

Liite 1. Vertailukohteen pohjapiirustus

Liite 2. Vertailukohteen julkisivukuvat ja poikkileikkaus

## Pohjapiirustus.



## Julkisivut ja poikkileikkaus.

